

*А.С. ВИШНЕВСЬКИЙ*, аспірант, НТУ "ХПІ", Харків  
*Ю.С. ГРИЩУК*, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПІ", Харків

## **РОЗЧЕПЛЮВАЧ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА MSP430F ДЛЯ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ**

Проведено аналіз розчеплювачів автоматичних вимикачів. Запропонована модернізована схема розчеплювача автоматичного вимикача на основі мікроконтролера MSP430F, що дозволяє значно підвищити його точність, швидкість, надійність, перешкодостійкість і зменшити енергоспоживання та вартість.

Проведен анализ расцепителей автоматических выключателей. Предложена модернизированная схема расцепителя автоматического выключателя на базе микроконтроллера MSP430F, которая позволяет существенно повысить его точность, быстродействие надежность, помехоустойчивость и снизить энергопотребление и стоимость.

**Вступ.** Захист низьковольтних електричних мереж постійного і змінного струму від ненормальних режимів роботи сьогодні виконується в основному автоматичними вимикачами. Швидкий ріст потужності сучасних мереж, їх високий рівень автоматизації викликають підвищення вимог до якості захисту, побудованого на автоматичних вимикачах.

Функцію захисту в автоматичних вимикачах (АВ) виконують звичайно різноманітні типи розчеплювачів [1], які при виникненні ненормальних режимів роботи впливають на механізм АВ, викликаючи розмикання контактів і відключення кола, яке захищається.

Однією з найважливіших вимог до АВ в мережах до 1000 В являється забезпечення необхідної швидкодії при аварійних відключеннях. Цей час залежить від величини напруги і при фазній нарузі 220 В не повинен перевищувати 0,4 с. Норми перевірки АВ, які існують сьогодні потребують перевірки і забезпечення певної кратності струму короткого замикання по відношенню до номінальних струмів розчеплювачів автоматичних вимикачів. Така перевірка встановлює міру надійності відключення пошкоджень, але не гарантує швидкого їх відключення. Між тим проведені дослідження виявили залежність ступеня дії електричного струму не тільки від величини напруги, а й від тривалості його дії.

Аналізуючи часо-струмові характеристики вітчизняних АВ для мереж до 1000 В, можна зробити висновок, що фактор часу відклю-

чення ушкоджень, не завжди вважався пріоритетним. Крім того, оскільки для кожного виду захисту використовувався певний розчеплювач – це призводило до збільшення габаритів АВ як наслідок його подорожчання і зменшення його надійності.

**Метою даної роботи є** розробка мікроконтролерного розчеплювача, який зможе замінити електромагнітний і тепловий розчеплювачі без зміни габаритних розмірів АВ. Упровадження такого розчеплювача знизить матеріалоемність, трудомісткість, собівартість, енергоспоживання і витрати при експлуатації, а також підвищить надійність АВ і їх швидкодію.

Час спрацьовування багатьох захисних автоматичних вимикачів, що випускаються в цей час, визначається електромагнітними розчеплювачами у режимі короткого замикання та тепловими розчеплювачами у режимі перенавантаження. Останні являють собою біметалічну пластину, яка складається із двох металів з різними коефіцієнтами теплового розширення. Пластини жорстко з'єднані між собою гарячою прокаткою або зварюванням. При токових перенавантаженнях нагрів біметалічного елемента приводить до його вигину убік пластини з меншим температурним коефіцієнтом розширення. Пластина впливає на рейку механізму вільного розчеплювання. При цьому контакти розмикаються під дією пружини, що відключає. Тепловий розчеплювач характеризується тепловою інерцією. Швидкодія біметалічної пластини прямо пропорційна значенню струму. Після замикання автоматичного вимикача, який спрацював, час наступного спрацьовування розчеплювача зменшується. Недоліком таких розчеплювачів є нестабільність часових характеристик, а також сильна залежність часу дії розчеплювачів від їхньої початкової температури й від температури навколишнього середовища. Наприклад, розкид часу спрацьовування автоматичного вимикача ВА 57-35 на 100 А при 6-кратному струмі (600 А) і початковому холодному стані розчеплювачів становить від 7 до 18с, а при гарячому стані розчеплювачів – від 0,7 до 4 с. Таким чином, загальний можливий розкид часу спрацьовування вимикача при тому самому струмі становить від 0,7 до 18 с. При збільшенні номінального струму розчеплювачів цей розкид трохи знижується, а зі зменшенням, навпаки, збільшується. Очевидно, що при таких нестабільних характеристиках неможливо забезпечити необхідну швидкодію і селективність роботи АВ в системі електропостачання, оскільки безпосередньо перед відключенням, захисні апарати можуть перебувати в різних температурних режимах залежно від струмового навантаження й температури зовнішнього середовища.

В процесі роботи вимикача в номінальному режимі через термо-

біметалічну пластину і шунт теплового розчеплювача постійно протікає номінальний струм. Це приводить до нагріву і до відповідних енерговитрат, які пропорційні величині квадрату номінального струму. Крім того, виготовлення і експлуатація таких розчеплювачів потребує значних матеріальних і трудових затрат.

Необхідно враховувати, що уставки струму спрацьовування електромагнітних розчеплювачів автоматичних вимикачів повинні відрізнятися від струмів пуску й самозапуску електродвигунів, що становлять основну масу споживачів електроенергії на промислових підприємствах. Величина пускових струмів досягає 6-7-кратних значень від номінальних струмів електродвигунів, а з урахуванням аперіодичної складової ця величина може бути ще більша. У зв'язку із цим уставка електромагнітного розчеплювача автоматичного вимикача на лінії до електродвигуна приймається на рівні 10-12 крат від номінального струму теплового розчеплювача. Недоліками електромагнітного розчеплювача і мінімального розчеплювача являються значні енерговитрати за рахунок того, що через їх котушки постійно протікає струм, а також затрати на їх виготовлення та ручне регулювання в процесі їх експлуатації.

Усунути недоліки вищевказаних розчеплювачів можливо якщо розробити розчеплювач на базі сучасного високопродуктивного мікроконтролера з низьким енергоспоживанням. Він має значно кращі характеристики і не залежить від температури. При використанні в мережах змінного струму автоматичних вимикачів, які оснащені мікроконтролерними розчеплювачами, функції, що забезпечують захист, гарантують високий рівень надійності, точність спрацьовування й нечутливість до електромагнітних перешкод, відповідно до діючих стандартів.

Структурна схема розчеплювача на базі МК MSP430F із застосуванням вимірювального блока HCPL788J представлена на рис. 1. Цей варіант схеми має перевагу над своїм попередником [6]. Вона повинна знизити вартість завдяки заміні вимірювальних трансформаторів струму та напруги на сучасний вимірювальний блок на базі мікросхеми HCPL788J.

Схема містить у собі МК MSP430F, вимірювальний блок HCPL788J, незалежний блок живлення (БЖ), який є гальванічно розв'язаним, що подає живлення на мікроконтролер, вимірювальний блок та котушку електромагніта відключення YA.

Напряга з БЖ подається на вхід живлення МК MSP430F  $U_n$  і на мікросхему підсилювача потужності DA, вхід якого приєднаний до одного з розрядів порту, наприклад P1.0.

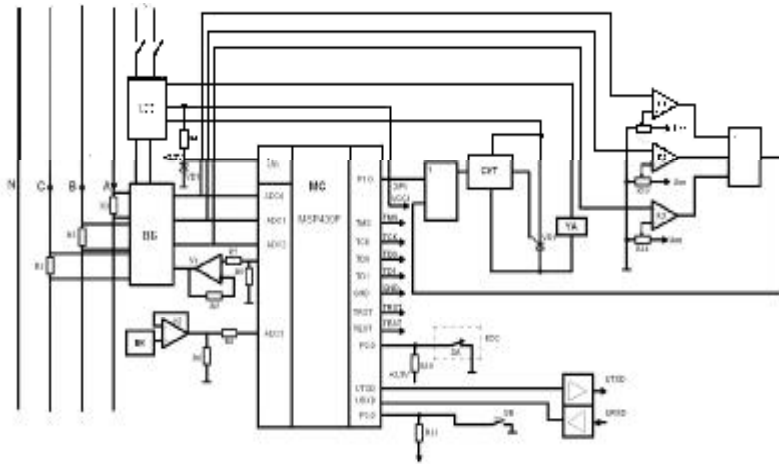


Рис. 1. Структурна схема мікроконтролерного розчеплювача на базі МК MSP430F.

Вихід підсилювача потужності DA приєднаний до схеми керування тиристором CPT, що шляхом подачі напруги на керуючий електрод тиристора VS1 відкриває його й забезпечує протікання струму через котушку електромагніта відключення до незалежного розчеплювача АВ і замикає його після відключення. Коли спрацьовує захист, автоматичний вимикач розмикається за допомогою електромагніта відключення, при цьому змінюється стан контакту сигналізації спрацьовування (КСС) розчеплювача АВ. Скидання сигналізації механічне і здійснюється переключом важеля керування в нижнє положення. Мікроконтролер розчеплювача може використовувати додаткове живлення від портативного блоку батарей, що дозволяє встановлювати параметри захисних функцій при відсутності живлення АВ.

Розчеплювач може забезпечувати наступні захисні функції: захист від струмів перевантаження; селективний захист від короткого замикання; миттєвий захист від короткого замикання; захист від замикання на землю; захист від перевищення температури. Крім звичайних захисних функцій він може мати й багато інших додаткових функцій. При добавленні блоку обміну даними й блоку сигналізації кількість функцій може бути збільшено. Якщо температура зміниться настільки, що можуть виникнути короточасні або тривалі несправності мікроконтролера, включається аварійна сигналізація. У меню керування є можливість перевірки коректності роботи дисплея, світлодіодів і інших пристроїв.

Схема вимірювального блоку HCPL788J зображена на рис. 2.

Блок HCPL788J має 3 входи по напрузі і дозволяє вимірювати напругу в діапазоні від +750 В до -750 В і 3 входи для вимірювання струму як змінного так і постійного за допомогою безіндуктивних шунтів. Рекомендований діапазон напруги яка знімається з шунтів при вимірюванні струму знаходиться від +200 мВ до -200 мВ. Максимальне значення діапазону напруги з урахуванням нелінійності коефіцієнта передачі HCPL788J може досягати від +250 мВ до -250 мВ. Вимірювальний блок HCPL788J має операційні підсилювачі і гальванічну розв'язку.

Аналоговий сигнал з шунта або з дільника напруги поступає на АЦП з послідовним кодом, який перетворює його в його послідовний двійковий код і передає через оптрони, що забезпечують гальванічну розв'язку, на ЦАП, який перетворює двійковий код в аналоговий сигнал (напругу).

Крім того, при виникненні аварійної ситуації і виході контролера з ладу, сигнал іде з вимірювального блоку на компаратори К1-К3 і після порівняння з  $U_{оп}$  подається на елемент "АБО", який у свою чергу, видає на DA імпульси для відключення автоматичного вимикача.

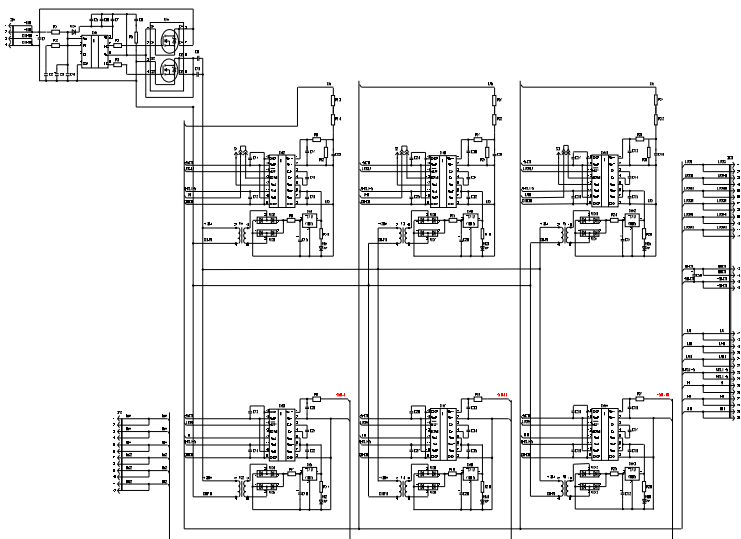


Рис. 2. Принципова електрична схема вимірювального блоку на базі мікросхеми HCPL788J.

**Висновки.** У роботі запропонована покращена схема розчеплювача на базі мікроконтролера MSP430F із застосуванням вимірювального блоку HCPL788J, що дозволяє підвищити такі його характеристики, як точність спрацьовування при захисті від струмів перенавантаження та короткого замикання, надійність, перешкодостійкість та зменшити економічну вартість.

**Список літератури:** 1. *Алиев И.И., Абрамов М.Б.*, Электрические аппараты. Справочник 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2003. – 251 с. 2. *Грицук Ю.С., Ржевский А.Н., Грицук С.Ю.* Автоматизированная система управления для коммутационных исследований и испытаний электрических аппаратов // "Вестник НТУ "ХПИ". Сб. науч. трудов. Вып. 17. – Харьков: НТУ "ХПИ". 2001. – С. 48–50. 3. *Грицук Ю.С., Кузнецов А.И., Ржевский А.Н., Грицук С.Ю.* Применение микроконтроллеров в схемах автоматизированного управления испытаниями электрических аппаратов. // "Вісник НТУ "ХПІ". Зб. наук. праць. – Харків: НТУ "ХПІ", 2005. – Вип. 35. 4. *Грицук Ю.С.* Микропроцессорные устройства: Учебное пособие – Харьков: НТУ "ХПИ", 2007. – 280 с. 5. Семейство микроконтроллеров MSP430x1xx. Руководство пользователя: Пер. с англ. – М.: Серия "Библиотека Компэла". ЗАО "Компэл", 2004. – 368с. 6. *Грицук Ю.С., Сухоставцева Т.В.* Мікроконтролерний розчеплювач для автоматичних вимикачів // "Вісник НТУ "ХПІ". Зб. наук. праць. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – Вип. 49.

*Поступила в редколлегию 16.06.2009*